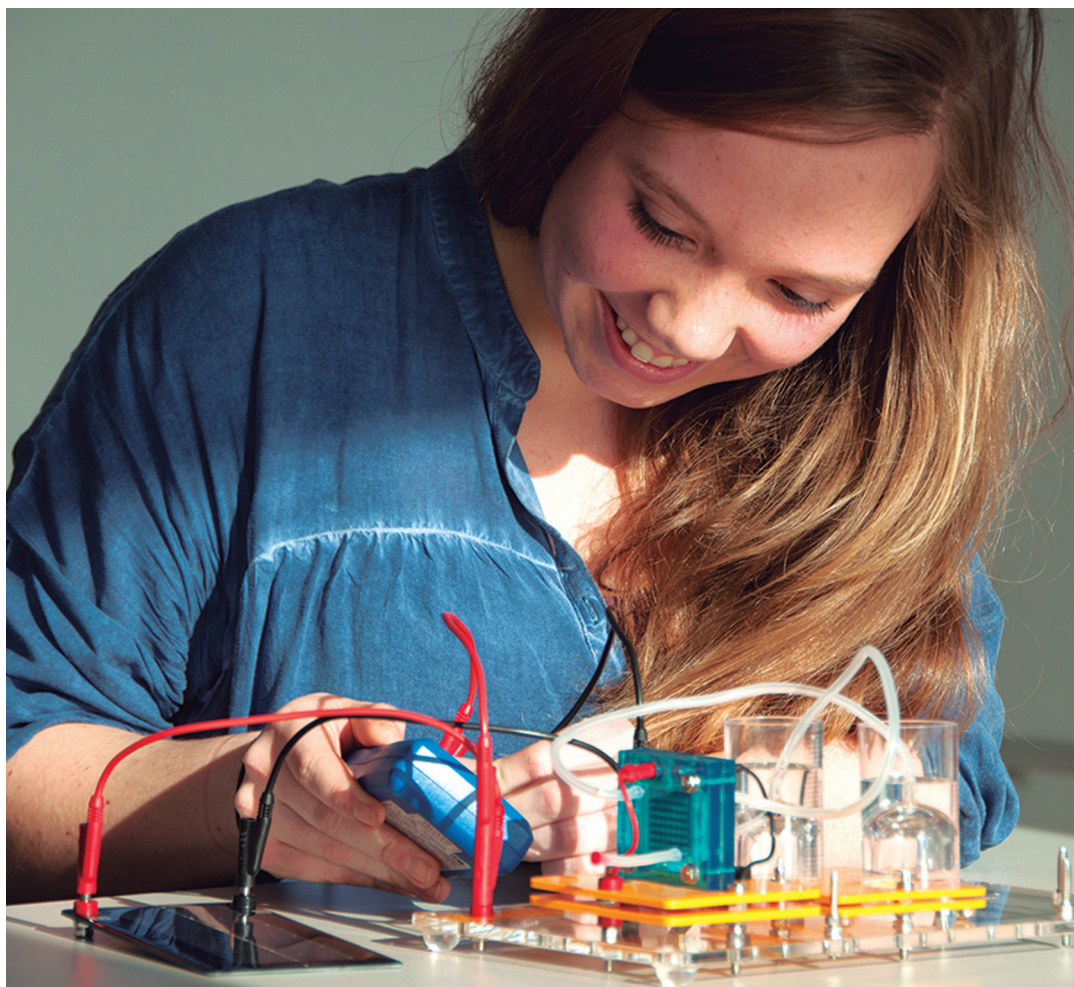


leXsolar-H₂ Ready-to-go

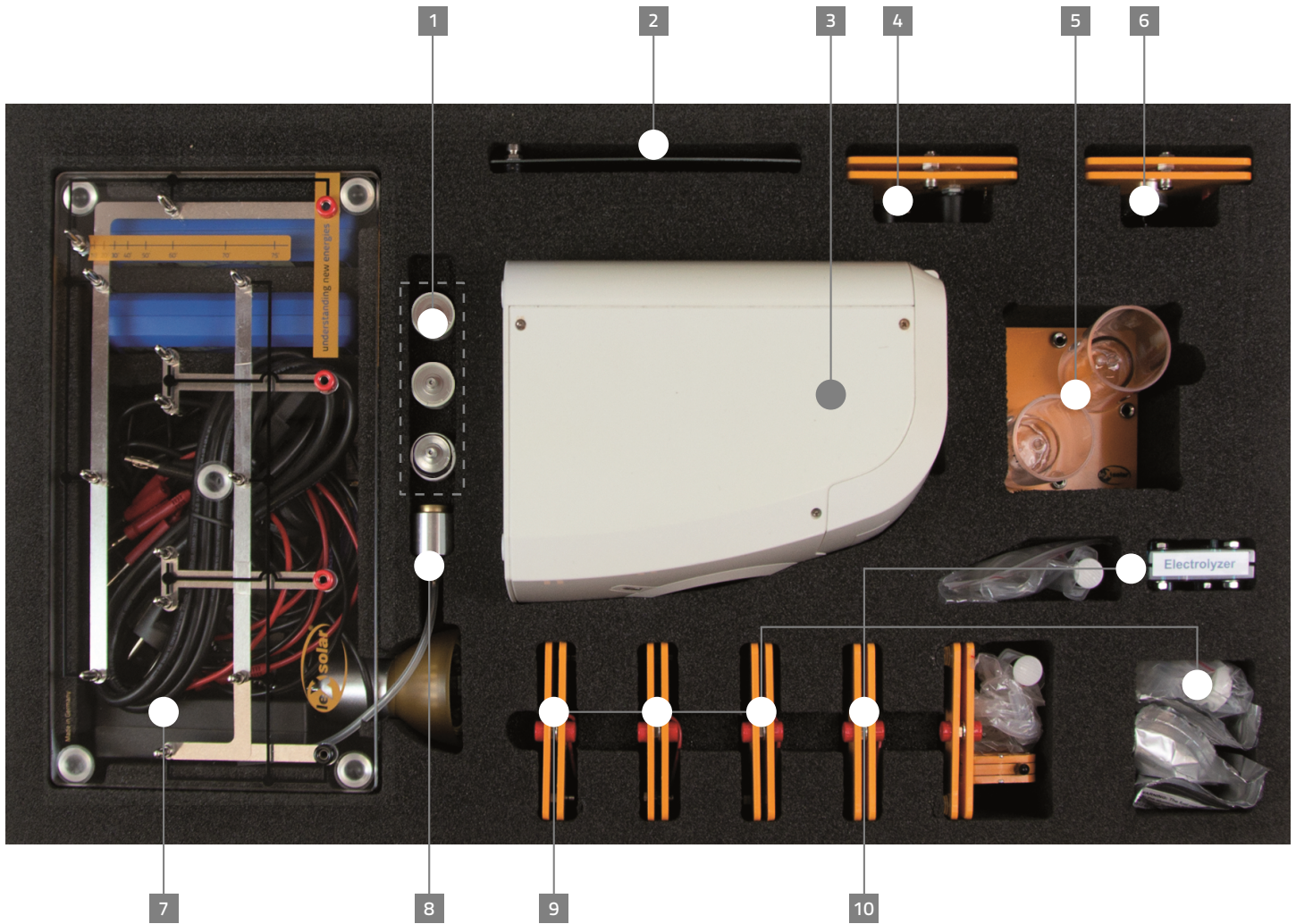


Lehrerheft



www.lexsolar.de/feedback

Layout diagram leXsolar-H₂ Ready-to-go 2.0
 Item-No.1219
 Bestückungsplan leXsolar-H₂ Ready-to-go 2.0
 Art.-Nr.1219

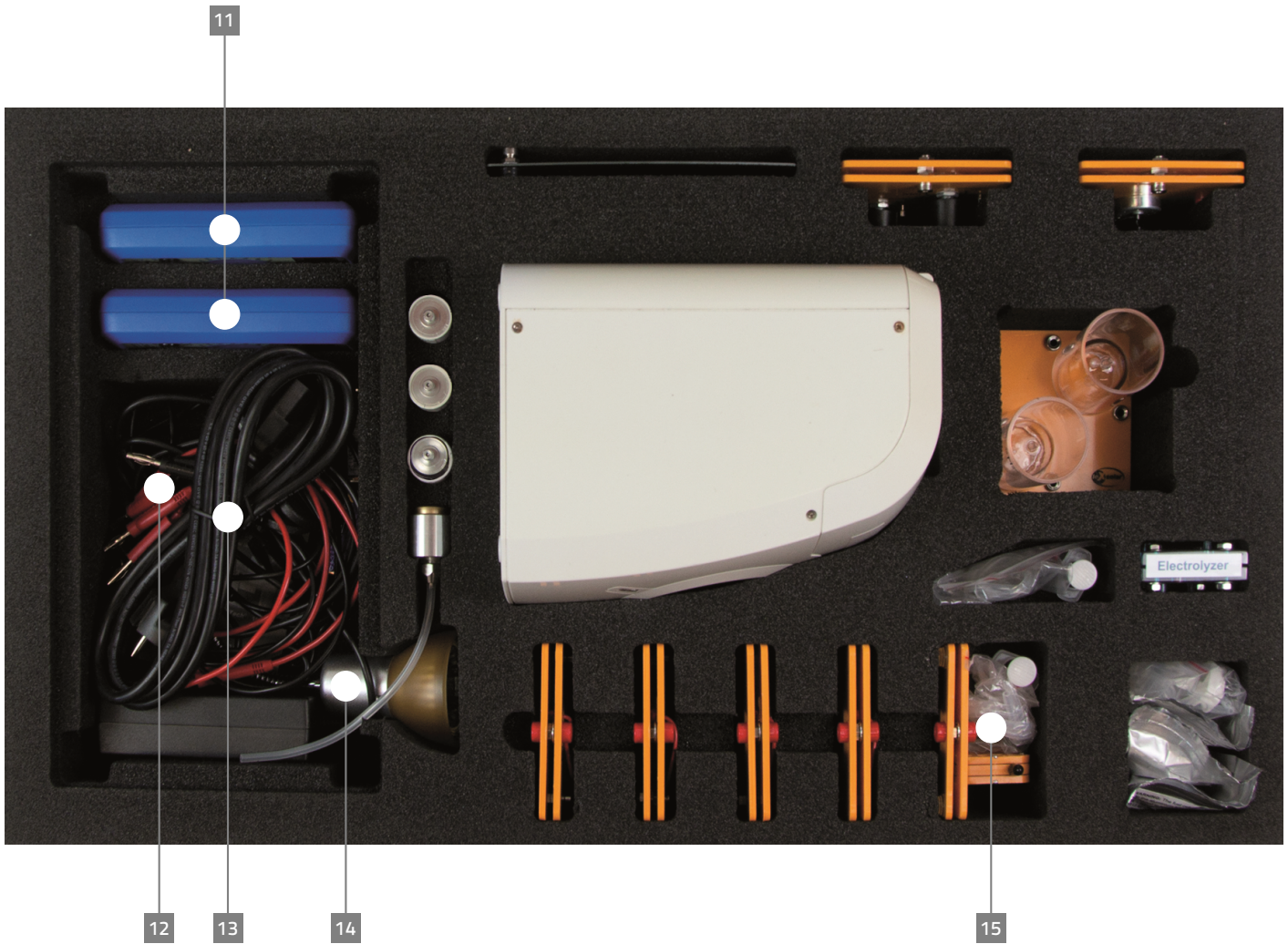


- | | |
|--|---|
| <p>1 1200-18 H2 Storage + 2optional expansions
1200-18 H2 Storage + 2optionale Erweiterung</p> <p>2 1100-31 Solar panel 2.5 V, 420 mA
1100-31 Solarmodul 2.5 V, 420 mA</p> <p>3 1200-17 H2 Charger
1200-17 H2 Charger</p> <p>4 1100-23 Potentiometer module
1100-23 Potentiometermodul</p> <p>5 1213-01 Gas storage module
1213-01 Gasspeichermodul</p> <p>6 1100-27 Motor module with
L2-02-017 Yellow propeller
1100-27 Motormodul ohne Getriebe mit
L2-02-017 Luftschraube (Propeller) gelb</p> | <p>7 1100-19 Base unit large
1100-19 Grundeinheit groß</p> <p>8 L2-06-132 Valve for H2 Storage
L2-06-132 Ventil für H2 Storage</p> <p>9 3x1218-02 PEM-Fuel cell module
3x1218-02 PEM-Brennstoffzellenmodul</p> <p>10 1218-03 Electrolyzer module 2.0
1218-03 Elektrolyseurmodul 2.0</p> |
|--|---|

Version number
 Versionsnummer

L3-03-163_28.04.2017

Layout diagram leXsolar-H₂ Ready-to-go 2.0
 Item-No.1219
 Bestückungsplan leXsolar-H₂ Ready-to-go 2.0
 Art.-Nr.1219



- 11 2xL2-06-011 Digital multimeter
2xL2-06-011 Digitalmultimeter
- 12 2xL2-06-012/013 Test lead black/red 25 cm
2xL2-06-012/013 Messleitung schwarz/rot 25 cm
- 13 L2-06-014/015 Test lead black/red 50 cm
L2-06-014/015 Messleitung schwarz/rot 50 cm
- 14 L2-04-022 Lamp with table clamp
L2-04-022 Lampe mit Tischklemme
- 15 1700-01 Ethanol fuel cell module
1700-01 Ethanol-Brennstoffzellenmodul

leXsolar-H₂ Ready-to-go

Lehrerheft


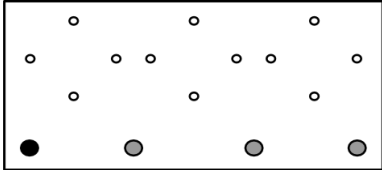

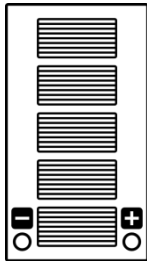

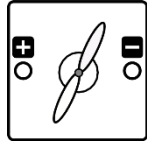

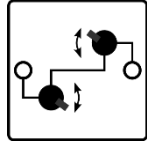

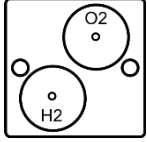
I EINFÜHRUNG

1	Bezeichnungen der Bauteile	5
2	Hinweise zur Handhabung	8
	2.1. <i>Betrieb des Elektrolyseurs</i>	8
	2.2. <i>Betrieb der PEM-Brennstoffzelle</i>	10
	2.3. <i>Betrieb H₂-Charger und H₂-Storage</i>	11


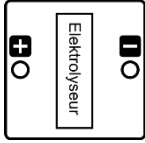
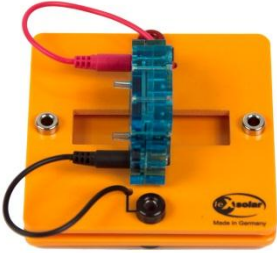
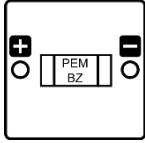

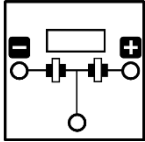
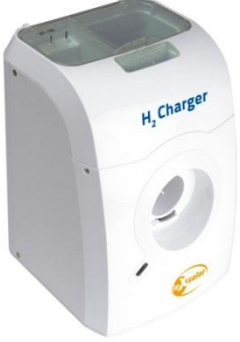


II EXPERIMENTE

1.	Kennlinie des Solarmoduls	15
2.1	Eigenschaften eines Elektrolyseurs	17
2.2	Kennlinie des Elektrolyseurs	18
2.3	FARADAY- und Energiewirkungsgrad des Elektrolyseurs	20
2.4	Herleitung des 1. FARADAYschen Gesetzes	22
3.1	Eigenschaften einer PEM-Brennstoffzelle	25
3.2	Kennlinie der PEM-Brennstoffzelle	27
3.3	FARADAY- und Energiewirkungsgrad der PEM-Brennstoffzelle	30
3.4	Reihen- und Parallelschaltung von PEM-Brennstoffzellen	32
4.1	Funktionsweise einer Ethanol-Brennstoffzelle	35
4.2	Kennlinie einer Ethanol-Brennstoffzelle	37
4.3	Temperaturabhängigkeit der Leistung einer Ethanol-Brennstoffzelle	39
4.4	Konzentrationsabhängigkeit der Leistung einer Ethanol-Brennstoffzelle	41

1 Bezeichnungen der Bauteile

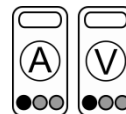
Grundausstattung von leXsolar-H ₂ Ready-to-go		
Bauteil	Bezeichnung	Symbol im Versuchsaufbau
	Grundeinheit	
	Solarmodul (2.5V, 420mA)	
	Motormodul ohne Getriebe	
	Potentiometermodul	
	Gasspeichermodul	



	<p>Elektrolyseurmodul</p>	
	<p>PEM-Brennstoffzellenmodul</p>	
	<p>Ethanol-Brennstoffzellenmodul</p>	
	<p>H₂-Charger</p>	
	<p>H₂-Storage</p>	
	<p>Stromversorgungsgerät</p>	



Messgeräte und Kabel



Lampe

2 Hinweise zur Handhabung

Bei der Durchführung der Experimente mit leXsolar-H₂ Ready-to-go sind einige Hinweise zum Umgang mit Geräten und Bauteilen zu beachten.

2.1. Betrieb des Elektrolyseurs

Spezifikationen:

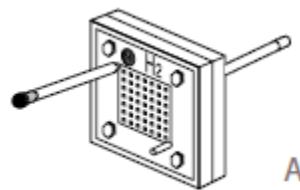
- Eingangsspannung: 1.8V ~ 3V (D.C.)
- Eingangsstrom: 0.7A
- Wasserstoffproduktionsrate: 7ml pro Minute bei 1A
- Sauerstoffproduktionsrate: 3,5ml pro Minute bei 1A

Wichtige Hinweise zur Handhabung:

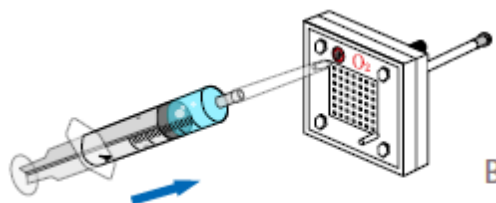
- Der Elektrolyseur sollte bei Nichtbenutzung in einem luftdichten Plastik-Beutel gelagert werden, um ihn vor Austrocknung zu schützen
- Positiver und negativer Pol des Elektrolyseurs sollten stets korrekt mit der Spannungsquelle verbunden werden, um Schäden am Elektrolyseur zu vermeiden.
- Die Membranen des Elektrolyseurs sollten nur im feuchten Zustand betrieben werden. Das destillierte Wasser muss stets auf der O₂-Seite eingefüllt werden und anschließend etwa 3min einwirken. Wenn der Elektrolyseur im trockenen Zustand an eine Spannungsquelle oder das Solarmodul angeschlossen wird, kann es zu irreparablen Beschädigungen kommen.

Gebrauchsanweisung:

1. Zum Betrieb des Elektrolyseurs sollte dieser auf einer flachen Oberfläche aufgestellt werden. Das kurze Schlauchstück wird an dem oberen Anschluss der H₂-Seite (schwarzer Anschluss) angebracht (A) und mit dem schwarzen Pin verschlossen.



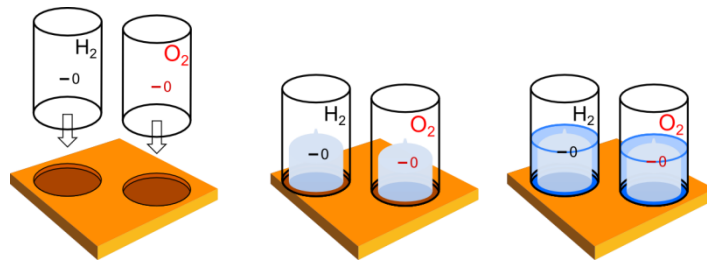
2. Nun wird die Spritze mit destilliertem Wasser befüllt und ein kurzes Schlauchstück auf die Spritze aufgesteckt. Das andere Ende des Schlauches wird mit dem oberen Anschluss auf der O₂-Seite (roter Anschluss) verbunden (B).



Hinweise zur Handhabung

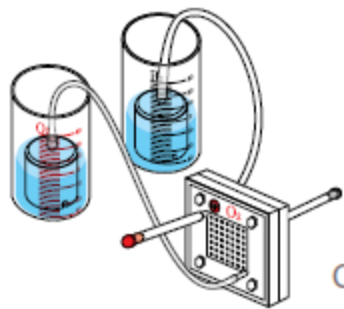
Nun wird mit Hilfe der Spritze langsam Wasser in den Elektrolyseur gepumpt, bis dieses am unteren Anschluss austritt. Die Spritze kann dann vom Schlauch abgezogen werden und das Schlauchende wird mit dem roten Pin verschlossen. Der Elektrolyseur sollte nun für 3min ruhend stehen.

3. Anschließend werden die zugehörigen Gastanks bis zur Nullmarkierung mit destilliertem Wasser aufgefüllt.



4. Je ein Gasvorratsbehälter („Glocke“) wird auf den Halterungsring am Boden des Wasserbehälters aufgesteckt, sodass die Kerben am unteren Ende der Gasbehälter innerhalb der Unterbrechungen in den Halterungsringen liegen. Überschüssiges Wasser kann anschließend mit der Spritze abgesaugt werden.

5. Anschließend werden die Gasbehälter mit Hilfe der Schläuche mit den unteren Anschlüssen des Elektrolyseurs verbunden. Der Anschluss auf der schwarzen H_2 -Seite wird mit dem H_2 -Gasbehälter verbunden und analog verhält es sich für den O_2 -Anschluss (C).



6. Der Elektrolyseur wird anschließend auf die Modulplatte aufgebracht und mit den jeweiligen Kabeln verbunden (rotes Kabel auf O_2 -Seite, schwarzes Kabel auf H_2 -Seite).

7. Das Grundmodul kann nun an das Solarmodul oder eine externe Spannungsquelle angeschlossen werden, um den Elektrolyse-Vorgang zu starten.

HINWEIS: Wenn das Wasserstoff-Gas später für einen Brennstoffzellenversuch verwendet werden soll, empfiehlt es sich, eine Schlauchklemme an das Schlauchstück zwischen H_2 -Seite des Elektrolyseurs und den H_2 -Gasbehälter anzubringen. Diese kann nach der Gasproduktion geschlossen werden, damit beim Umstecken des Schlauches an die Brennstoffzelle kein Gas entweichen kann.



Hinweise zur Handhabung

2.2. Betrieb der PEM-Brennstoffzelle

Spezifikationen:

- Ausgangsleistung: 270mW
- Ausgangsspannung: 0,6V (DC)
- Ausgangsstromstärke: 0,45A

Wichtige Hinweise zur Handhabung:

- Die Brennstoffzelle sollte bei Nichtbenutzung in einem luftdichten Plastik-Beutel gelagert werden, um sie vor Austrocknung zu schützen.

Gebrauchsanweisung:

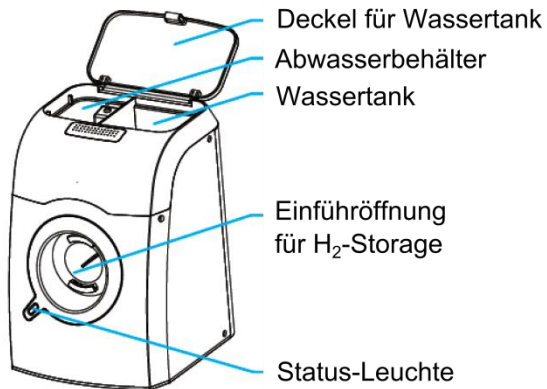
1. Um die PEM-Brennstoffzelle in Betrieb zu nehmen, ist Wasserstoff notwendig. Dieser kann aus dem Gasspeicher oder dem H₂ Storage entnommen werden.
2. Wird Wasserstoff aus dem Gasspeicher entnommen, muss zunächst die Schlauchsperrung geschlossen werden, um ein Entweichen des Wasserstoffs zu verhindern.
3. Der Schlauch vom H₂-Gasspeicher wird anschließend mit dem unteren Anschluss an der Brennstoffzelle verbunden. Die O₂-Zufuhr wird beim verwendeten Modell durch die Umgebungsluft gewährleistet.
4. Der obere Anschluss an der Brennstoffzelle wird mit einem kurzen Schlauchstück und einem Pin verschlossen.
5. Die Brennstoffzelle wird anschließend auf der Modulplatte in die passende Aussparung gesteckt und mit den Kabeln elektrisch verbunden. Dabei ist auf die richtige Polarität zu achten (rotes Kabel an roten Anschluss, analog schwarzes Kabel an schwarzen Anschluss).
6. Nun kann ein elektrischer Verbraucher an die Modulplatte angeschlossen werden (Polarität beachten!).
7. Mit Öffnen der Schlauchsperrung wird die Wasserstoffzufuhr gestartet und das Experiment kann starten.

HINWEIS: Bei quantitativen Versuchen, wie zum Beispiel die Aufnahme einer Kennlinie empfiehlt es sich, die Brennstoffzelle kurz mit Wasserstoff zu spülen. Dazu wird die Wasserstoffzufuhr gestartet (Öffnen der Schlauchsperrung oder Öffnen des Ventils bei Verwendung des H₂-Storage) und der Pin am kurzen Schlauchende wird für 1-2 Sekunden kurz entfernt und gleich wieder aufgesteckt.

Hinweise zur Handhabung

2.3. Betrieb H₂-Charger und H₂-Storage

Bezeichnungen:



Spezifikationen H₂-Charger:

- Leistung: 23W
- Eingangsspannung: 10V-19V (DC)
- Verwendung: De-ionisiertes oder destilliertes Wasser (10-40°C)
- Wasserverbrauch: ca. 20ml/h
- Wasserstoffdruck: 0-3MPaG
- Wasserstofferzeugungsrate: ca. 3l/h
- Wasserstoffreinheit: 99,99%
- Nachfüllzeit pro Kartusche: rund 4h

Hinweise zur Handhabung

Spezifikationen H₂-Storage:

- Kapazität: 10l Wasserstoff
- Speichermaterial: AB5 Metallhydrid
- Ladedruck: 3 MPa
- Arbeitstemperatur: 0-55°C

Wichtige Hinweise zur Handhabung:

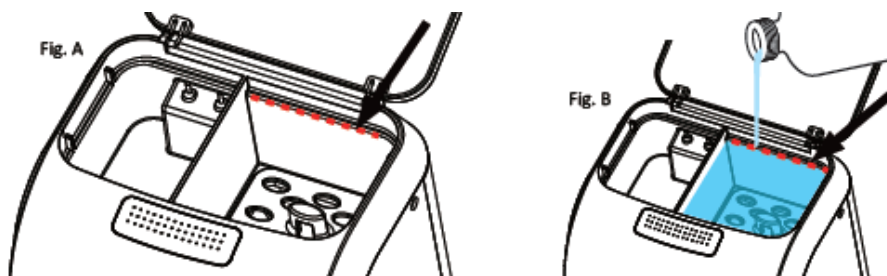
- Der H₂-Charger darf nicht auseinandergebaut werden
- H₂-Charger und H₂-Storage müssen vor offenen Flammen und großer Hitzeeinwirkung ferngehalten werden
- Der H₂-Charger sollte in aufrechter Position angewendet werden
- Der Betrieb sollte in einem gut belüfteten Raum stattfinden
- Die elektrischen Verbindungen sollten nicht mit Wasser in Berührung kommen

Status-Leuchte:

Grün	Rot	System-Status
an		H ₂ -Storage gefüllt
1 Sekunde an, 1 Sekunde aus		Warten mit dem Auffüllen von H ₂ -Storage
	an	H ₂ -Storage wird aufgefüllt
	1 Sekunde an, 3 Sekunden aus	Fügen Sie Wartungspulver hinzu („Apple Acid Powder“)
	1 Sekunde an, 1 Sekunde aus	Fügen Sie Wasser hinzu oder leeren sie den Abwasserbehälter

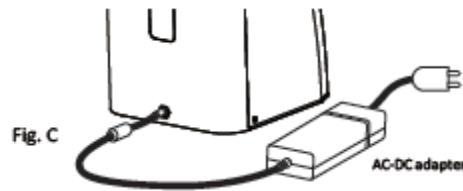
Gebrauchsanweisung:

1. Zunächst wird destilliertes oder de-ionisiertes Wasser in den Wassertank bis zum Rand aufgefüllt (im Bild durch rot markierte Linie, beziehungsweise Pfeil gekennzeichnet).

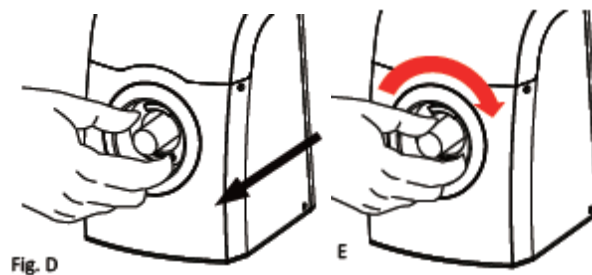


Hinweise zur Handhabung

2. Im Anschluss wird das zugehörige Netzteil an den H₂-Charger angeschlossen. Die Status-Leuchte sollte grün aufleuchten.



3. Setzen Sie den H₂-Storage in die Einführöffnung an der Vorderseite des H₂-Charger ein. Der Stick wird dazu im Uhrzeigersinn in das Gewinde eingedreht, bis er einen sicheren Halt hat. Dabei sollte nicht zu viel Kraft aufgewendet werden!



4. Während die Statusleuchte rot leuchtet, wird der H₂-Storage gefüllt. Erst wenn die der Status ein grünes Leuchten anzeigt, ist die Kartusche vollständig aufgefüllt. Der Stick kann dann durch Drehen gegen den Uhrzeigersinn wieder entfernt werden.

5. Entfernen Sie anschließend den Netzstecker vom H₂-Charger und leeren Sie den Wassertank, falls der Charger länger als eine Woche lang nicht benutzt wird. Wenn weitere Kartuschen gefüllt werden sollen, beginnen Sie wieder bei Schritt 3.

HINWEIS: Geräusche während des Ladevorgangs (Puffen oder Pfeifen) sind normal und werden durch den Säuberungsprozess hervorgerufen.



I. Musterlösungen der Experimente

Die ausgefüllten Formulare des Schülerheftes geben eine Darstellung von zu erwartenden Ergebnissen der Experimente und zeigen Antwortmöglichkeiten für die Fragestellungen der Auswertung. Die dargestellten Lösungen sind als Richtlinie zu verstehen. Jeder Lehrer sollte selbst entscheiden, welche Ergebnisse er von den Schülern fordert.

Als Hilfestellung für den Lehrer wurden zusätzliche Kommentare zu den jeweiligen Aufgaben in Klammern angegeben. Bei einigen Fragestellungen ist es außerdem notwendig, die Antworten auf einem weiteren Blatt zu ergänzen, wenn der zur Verfügung gestellte Platz nicht ausreicht.

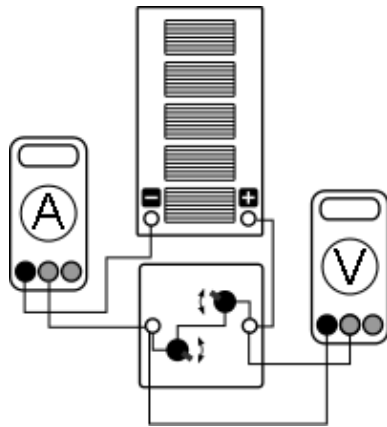
Die Zuordnung der einzelnen Experimente zu den Klassenstufen variiert je nach Lehrplan. Details der Einsatzmöglichkeiten sind bei jedem Versuch angegeben. Für einige Experimente gibt es verschiedenen Altersgruppen angepasste Versuchsanordnungen. Der phänomenologische Teil der Versuche ist geeignet für jüngere Klassenstufen, die Versuche zur Leistungsmessung sind vor allem für ältere Schüler (ab Klasse 9) geeignet, da teilweise physikalische und mathematische Grundlagen vorausgesetzt werden. Die Anleitungen liegen alle als Word-Datei vor, sodass sie nach eigenem Ermessen geändert und angepasst werden können.

1. Kennlinie des Solarmoduls

Aufgabe

Nimm die U-I Kennlinie des Solarmoduls auf und interpretiere deren Verlauf.

Aufbau



Benötigte Geräte

- Solarmodul
- Lampe
- Kabel
- Strommessgerät
- Spannungsmessgerät
- Potentiometer

Durchführung

1. Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanordnung auf.
2. Stelle einen Abstand von 30cm zwischen Lampe und Solarmodul ein.
3. Gib Dir anschließend sinnvolle Werte für die Spannung vor und miss für diese jeweils die Stromstärke! Verändere dazu zuerst den 1kΩ-Widerstand und zur Feineinstellung den 100Ω-Widerstand!
4. Trage alle Messwerte in die Tabelle ein.

Messwerte

U in V	I in mA	P in mW
0,13	38,4	4,99
0,60	38,4	23,04
0,75	38,3	28,73
1,00	38,5	38,50
1,25	38,6	48,25
1,50	38,2	57,30
1,75	38,2	66,85
2,00	36,0	72,00
2,25	25,7	57,83
2,50	6,0	15
2,55	0	0



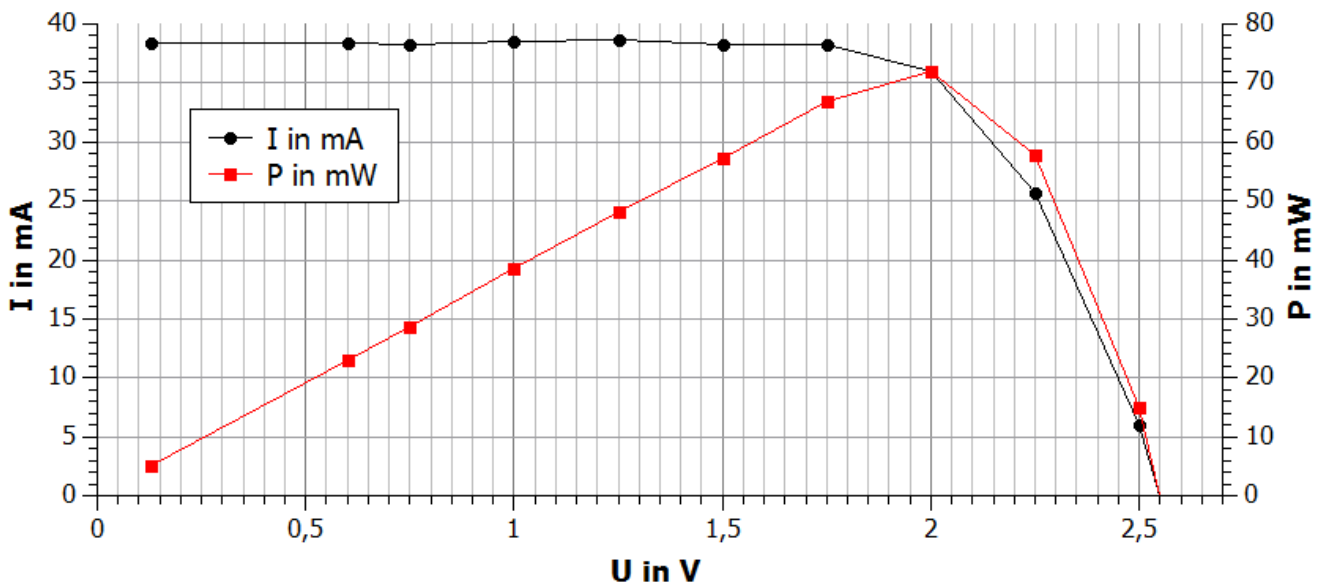
1. Kennlinie des Solarmoduls

Auswertung

1. Berechne für die jeweiligen Strom- und Spannungswerte die Leistung und trage deine Ergebnisse in die Tabelle ein.
2. Trage die Wertepaare in das zugehörige Diagramm ein.
3. Beschreibe den Verlauf der Stromstärke und der Leistung über der Spannung.

Diagramme

2.



3.

Die Form der U-I Kennlinie eines Solarmoduls entspricht der einer einzelnen Zelle. Im ersten Abschnitt der Kennlinie bleibt die Stromstärke bei steigender Spannung annähernd konstant.

Ab einer Spannung von etwa 1,7V sinkt die Stromstärke mit steigender Spannung stark ab.

Leistung des Solarmoduls steigt im ersten Abschnitt steil an und weist bei etwa 2V ein Maximum auf.

Dieser Punkt der Kennlinie wird als „MPP – Maximum Power Point“ bezeichnet. Solarzellen sollten

stets im Bereich des MPP betrieben werden, um die maximale Leistung der Solarzellen

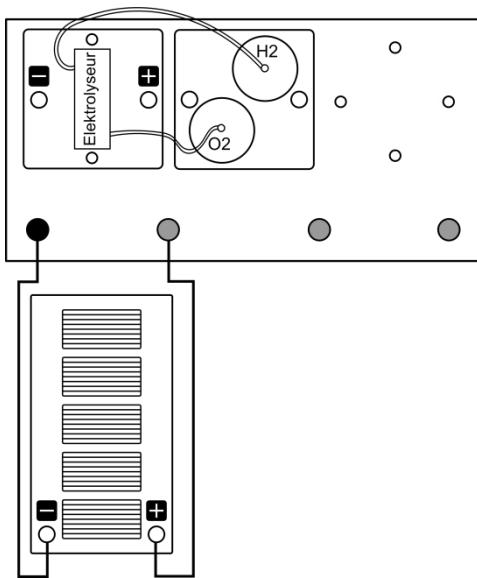
auszuschöpfen.

2.1 Eigenschaften eines Elektrolyseurs

Aufgabe

Untersuche die Eigenschaft eines Elektrolyseurs, Wasser in seine Bestandteile zu zersetzen.

Aufbau



Benötigte Geräte

- Grundeinheit
- Elektrolyseurmodul
- Gasspeichermodul
- Schläuche
- Solarmodul
- Lampe
- Kabel
- Destilliertes Wasser

Durchführung

1. Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanordnung auf. Positioniere die Lampe vor dem Solarmodul (Abstand etwa 30cm).
Hinweise zum Gebrauch des Elektrolyseurmoduls findest du auf Seite 8.
2. Schalte die Lampe ein.
3. Beobachte, was in den Gasspeichern passiert.
4. Notiere die Füllstände nach 15 Minuten.

Beobachtung

Produzierte Menge H₂: [6ml](#)

Produzierte Menge O₂: [3ml](#)

Auswertung

1. Wie setzt sich Wasser zusammen? Nutze dazu die gemessenen Gasmengen.

Wasser setzt sich aus zwei Teilen Wasserstoff und einem Teil Sauerstoff zusammen.

Deswegen wird im Gasspeicher doppelt so viel Wasserstoff wie Sauerstoff erzeugt.

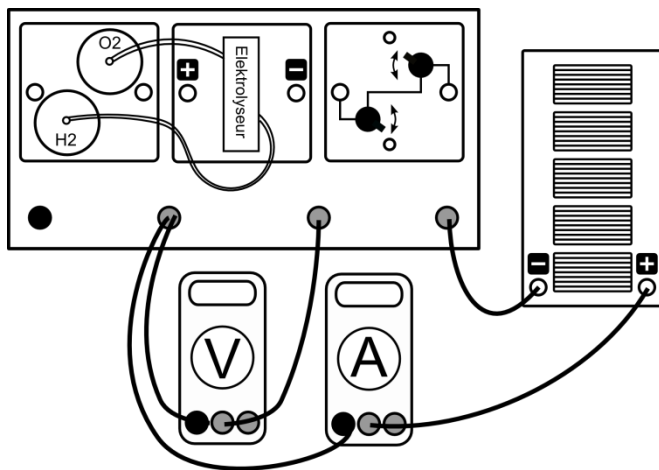


2.2 Kennlinie des Elektrolyseurs

Aufgabe

Nutze den Elektrolyseur, um Wasser zu spalten und nimm dessen U-I Kennlinie auf.

Aufbau



Benötigte Geräte

- Grundeinheit
- Elektrolyseur-Modul
- Gasspeicher-Modul
- Solarmodul
- Potentiometer-Modul
- Strommessgerät
- Spannungsmessgerät
- Kabel
- destilliertes Wasser
- Schläuche
- Lampe

Durchführung

1. Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanordnung auf. Positioniere die Lampe vor dem Solarmodul (Abstand 30cm). Hinweise zum Gebrauch des Elektrolyseurmoduls findest du auf Seite 8.
2. Stelle das Potentiometermodul mit Hilfe der Regler auf den höchsten Widerstand.
3. Schalte nun die Lampe ein.
4. Gib dir anschließend sinnvolle Werte für die Spannung vor und miss für diese jeweils die Stromstärke! Verändere dazu zuerst den 1k Ω -Widerstand und zur Feineinstellung den 100 Ω -Widerstand!
5. Trage alle Messwerte in die Tabelle ein.

Messwerte

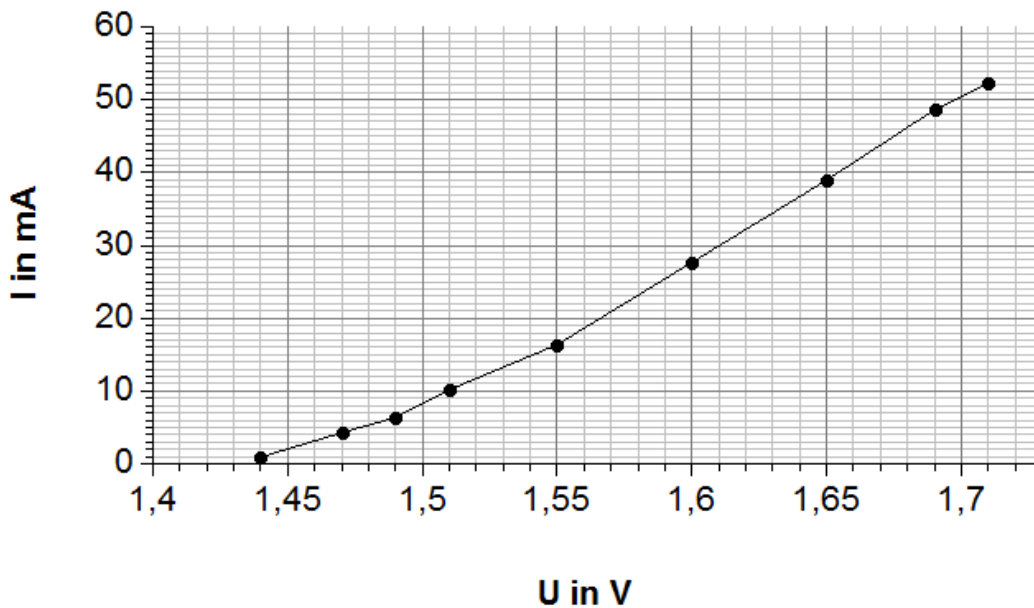
U in V	1,44	1,47	1,49	1,51	1,55	1,60	1,65	1,69	1,71
I in mA	0,9	4,4	6,3	10,1	16,4	27,7	39,0	48,7	52,3

Auswertung

1. Trage deine Werte in das abgebildete Diagramm ein.
2. Interpretiere die U-I Kennlinie des Elektrolyseurs.

2.2 Kennlinie des Elektrolyseurs

Diagramme



Auswertung

2.

Aus der Kennlinie ist deutlich zu erkennen, dass erst ab einer bestimmten Spannung ein Strom fließt, der zur Erzeugung der Gase führt. Die Zellspannung der galvanischen Zelle beträgt 1,23 V und diese sogenannte Zersetzungsspannung muss mindestens angelegt werden, um Wasser zu zersetzen. Die gemessene Mindestspannung von ca. 1,44 V ist jedoch höher. Die Differenz von experimenteller und theoretischer Zersetzungsspannung heißt Überspannung.

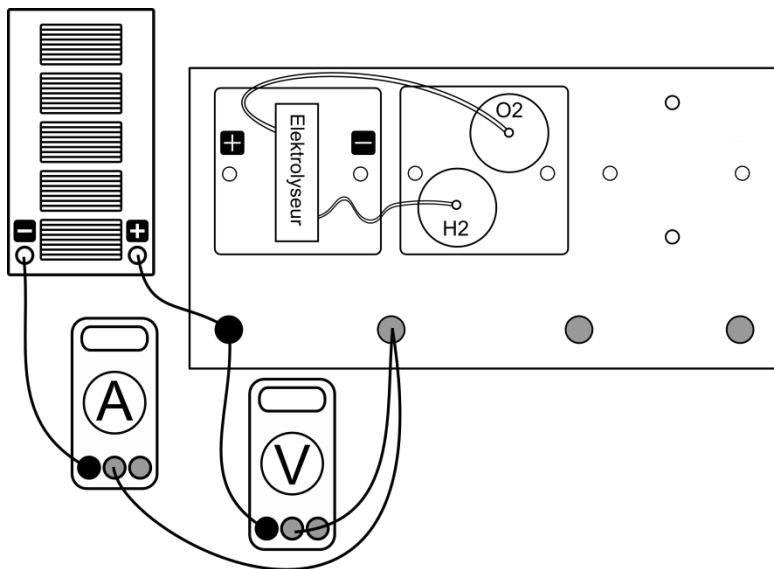
Die Überspannung ist abhängig von der Art des Elektrodenmaterials, von der Oberflächenbeschaffenheit der Elektroden, von der Art und Konzentration des Elektrolyten sowie von der Stromdichte (Stromstärke pro Fläche) und der Temperatur. Überspannungen sind gering bei Elektrodenreaktionen die zur Abscheidung von Metallen führen, jedoch besonders groß, wenn Gase (H_2 , O_2 , Cl_2) abgeschieden werden.

2.3 FARADAY- und Energiewirkungsgrad des Elektrolyseurs

Aufgabe

Ermittle den FARADAY- und Energiewirkungsgrad des Elektrolyseurs.

Aufbau



Benötigte Geräte

- Grundeinheit
- Elektrolyseurmodul
- Solarmodul
- Spannungsmessgerät
- Strommessgerät
- Schläuche
- Gasspeichermodul
- Kabel
- Stoppuhr
- Destilliertes Wasser
- Lampe

Durchführung

1. Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanordnung auf. Positioniere die Lampe vor dem Solarmodul (Abstand 30cm). Hinweise zum Gebrauch des Elektrolyseurmoduls findest du auf Seite 8.
2. Schalte die Lampe ein.
 1. Miss Stromstärke und Spannung während des Elektrolysevorgangs.
 2. Lies nach 5min das produzierte Volumen an Wasserstoff ab und notiere deine Werte in der Tabelle.

Messwerte

- $t = 300s$
 $U = 1,7V$
 $I = 53mA$
 $V_{H_2} = 2ml$

Auswertung

1. Berechne den FARADAY-Wirkungsgrad des Elektrolyseurs.
2. Berechne den Energiewirkungsgrad des Elektrolyseurs.



2.3 FARADAY- und Energiewirkungsgrad des Elektrolyseurs

Auswertung

1. Der FARADAY-Wirkungsgrad wird mit Hilfe folgender Formel berechnet:

$$\eta = V_{\text{H}_2} / V_{\text{H}_2\text{theoretisch}}$$

$$V_{\text{H}_2\text{theoretisch}} = I \cdot t \cdot V_m / Q_m$$

$V_m = 24 \text{ l mol}^{-1}$ (molares Volumen H_2 bei 20 °C, Normaldruck)

$Q_m = 192\,968 \text{ C mol}^{-1}$ (stoffbezogene Ladung)

Lsg.: $\eta = V_{\text{H}_2} / V_{\text{H}_2\text{theoretisch}}$

$$\begin{aligned} V_{\text{H}_2\text{theoretisch}} &= I \cdot t \cdot V_m / Q_m \\ &= 53\text{mA} \cdot 300\text{s} \cdot 24 \text{ l mol}^{-1} / 192\,968 \text{ C mol}^{-1} \\ &= 1,98\text{ml} \end{aligned}$$

$$V_{\text{H}_2} = 2\text{ml}$$

$$\begin{aligned} \eta &= 2\text{ml} / 1,98\text{ml} \\ &\approx 1 \end{aligned}$$

2. Der Energiewirkungsgrad wird mit Hilfe folgender Formel berechnet:

$$\eta = H_{0\text{H}_2} \cdot V_{\text{H}_2} / U \cdot I \cdot t$$

$H_{0\text{H}_2} = 11920 \text{ kJ m}^{-3}$.

Lsg.: $\eta = \text{Energiegehalt Wasserstoff} / \text{elektrische Energie}$

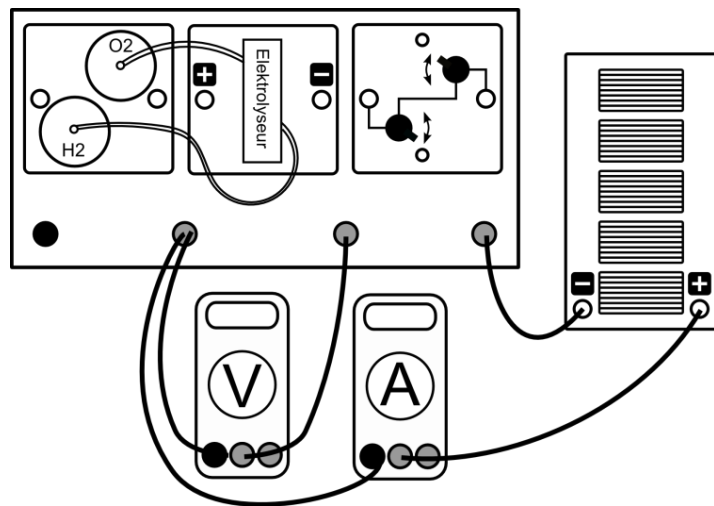
$$\begin{aligned} \eta &= H_{0\text{H}_2} \cdot V_{\text{H}_2} / U \cdot I \cdot t \\ &= 11920 \text{ kJ m}^{-3} \cdot 2 \text{ ml} / 1,7 \text{ V} \cdot 53 \text{ mA} \cdot 300 \text{ s} \\ &= 0,88 \end{aligned}$$

2.4 Herleitung des 1. FARADAYschen Gesetzes

Aufgabe

Leite das 1. FARADAYsche Gesetz mit Hilfe des Elektrolyseurs her.

Aufbau



Benötigte Geräte

- Grundeinheit
- Elektrolyseurmodul
- Gasspeichermodul
- Solarmodul
- Potentiometermodul
- Strommessgerät
- Spannungsmessgerät
- Lampe
- Destilliertes Wasser
- Stoppuhr
- Kabel
- Schläuche

Durchführung

1. Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanordnung auf. Positioniere die Lampe vor dem Solarmodul (Abstand 30cm). Hinweise zum Gebrauch des Elektrolyseurmoduls findest du auf Seite 8.
2. Stelle den Widerstand am Potentiometer auf das Minimum.
3. Schalte die Lampe ein und miss die zugehörige Stromstärke. Trage deinen Wert in die Tabelle ein.
4. Nimm nun alle 150s das H₂-Volumen und die Stromstärke auf. Trage deine Werte in die Tabelle ein.
5. Entferne nun kurz den Schlauch vom Gasspeicher H₂, um den Wasserstoff entweichen zu lassen. Stecke ihn anschließend wieder auf.
6. Schalte die Lampe wieder ein und stelle mit Hilfe des Potentiometermoduls verschiedene Stromstärken ein. Miss jeweils nach 300s das produzierte H₂-Volumen und notiere alle Werte in deiner Tabelle.

Messwerte

1.Messung:

t in s	0	150	300	450	600
I in mA	51	51	51	51	51
V in ml	0	1	2	3	4



2.4 Herleitung des 1. FARADAYSchen Gesetzes

Messwerte

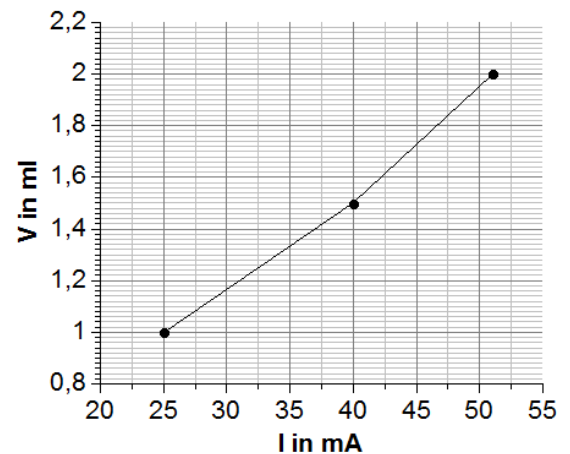
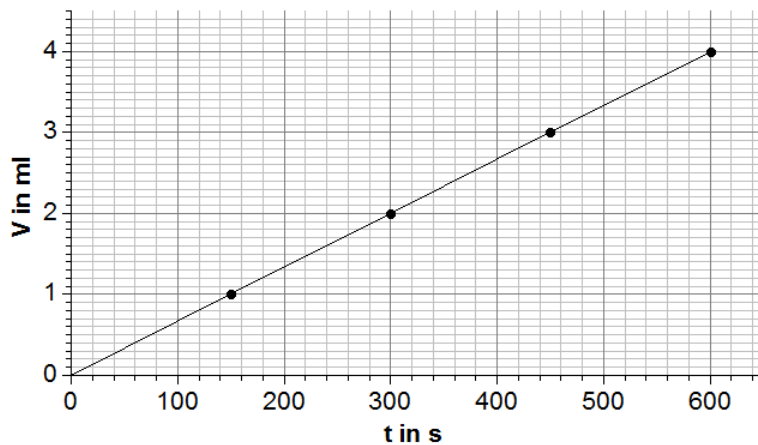
2. Messung:

t in s	300	300	300
I in mA	51	40	25
V in ml	2	1,5	1

Auswertung

1. Trage deine Messwerte in die abgebildeten Diagramme ein.
2. Welchen Zusammenhang kannst du zwischen dem Volumen des abgeschiedenen Wasserstoffs und der transportierten Ladung ableiten (1. FARADAYSches Gesetz)?
3. Berechne die im Versuch abgeschiedene Ladung Q und die molare Ladung Q_m .

Diagramme



Auswertung

1. $V \sim t$ und $V \sim I$

Wenn $V \sim t$ und $V \sim I$, dann gilt $V \sim I \cdot t = Q$.

Daraus folgt: $V \sim Q$ und $V = n \cdot V_m$, also $n \sim Q$ ($n =$ Stoffmenge, $V_m =$ molares Volumen)

Die elektrolytisch abgeschiedenen Stoffmengen n sind proportional zur Zeit t und der Stromstärke I , also zur transportierten elektrischen Ladung Q



2.4 Herleitung des 1. FARADAYschen Gesetzes

Auswertung

2. Die Ladung Q und die molare Ladung Q_m werden mit Hilfe folgender Formeln berechnet:

$$Q = I \cdot t$$

$$Q_m = Q \cdot V_m / V$$

$$V_m = 24 \text{ l mol}^{-1} \text{ (bei } 20^\circ\text{C, Normaldruck)}$$

Berechnung der Ladung Q :

$$I = 51 \text{ mA} = 0,051 \text{ A}$$

$$t = 300 \text{ s}$$

Lsg.:

$$Q = I \cdot t$$

$$= 0,051 \text{ A} \cdot 300 \text{ s}$$

$$= 15,3 \text{ As}$$

$$\underline{\underline{= 15,3 \text{ C}}}$$

Berechnung der molaren Ladung Q_m :

$$Q = 15,3 \text{ C}$$

$$V_m = 24 \text{ l mol}^{-1} \text{ (bei } 20^\circ\text{C, Normaldruck)}$$

$$V = 2 \text{ ml} = 0,002 \text{ l}$$

Lsg.:

$$Q_m = Q \cdot V_m / V$$

$$= 15,3 \text{ C} \cdot 24 \text{ l mol}^{-1} / 0,002 \text{ l}$$

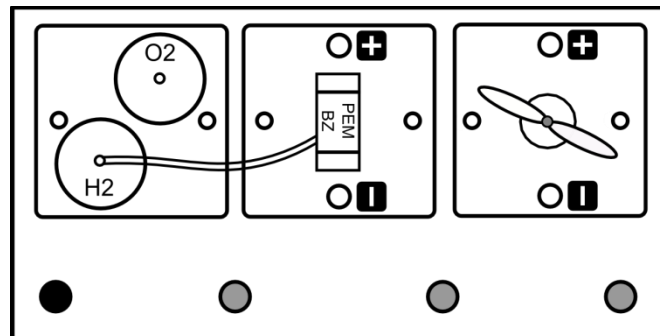
$$\underline{\underline{= 183600 \text{ C mol}^{-1}}}$$

3.1 Eigenschaften einer PEM-Brennstoffzelle

Aufgabe

Treibe einen Motor mit Hilfe einer PEM-Brennstoffzelle an.

Aufbau



Benötigte Geräte

- Grundeinheit
- PEM-Brennstoffzelle
- Schläuche
- Motor-Modul
- Gasspeicher (gefüllt), alternativ H₂Storage

Durchführung

1. Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanordnung auf. Der Gasspeicher muss vor dem Versuch gefüllt werden. Hinweise hierzu findest du im Experiment „Eigenschaften eines Elektrolyseurs“ oder auf Seite 8. Alternativ kann statt den Gasspeichern ein H₂-Storage verwendet werden.
2. Beobachte den Motor und den H₂-Verbrauch im Gasspeicher. Notiere deine Beobachtungen.
3. Entferne nun die Schläuche von der Brennstoffzelle und beobachte, was passiert.

Beobachtung

Wenn der Brennstoffzelle Wasserstoff zugeführt wird, beginnt der Motor, sich zu drehen. Die Brennstoffzelle produziert Strom. Das Gas im Behälter wird langsam verbraucht. Werden die Schläuche von der Brennstoffzelle entfernt, wird der Motor langsamer und hört schließlich auf, sich zu drehen.

Auswertung

1. Welche Energieumwandlungen finden in dem Experiment statt?
2. Warum ist an der Brennstoffzelle nur ein Wasserstoffanschluss vorhanden, wohingegen für die Erzeugung von Strom Wasserstoff und Sauerstoff benötigt wird?
3. Wohin „verschwindet“ das Gas aus dem Gasbehälter?



3.1 Eigenschaften einer PEM-Brennstoffzelle

Auswertung

1.

Die Brennstoffzelle verbraucht die zuvor hergestellten Gase und liefert Strom, der für das Antreiben eines Motors genutzt werden kann. Dabei wird chemische Energie in elektrische Energie umgewandelt. Ein Generator im Inneren des Motormoduls wandelt diese elektrische Energie in kinetische Energie, also in Bewegungsenergie des Motors um.

2.

Luft besteht zu 21 % aus Sauerstoff, enthält aber so gut wie keinen Wasserstoff. Für die Reaktion in der Brennstoffzelle sind sowohl Wasser- als auch Sauerstoff nötig, wobei durch die Umgebungsluft genügend Sauerstoff bereitgestellt wird, um einen Brennstoffzellenbetrieb zu ermöglichen.

3.

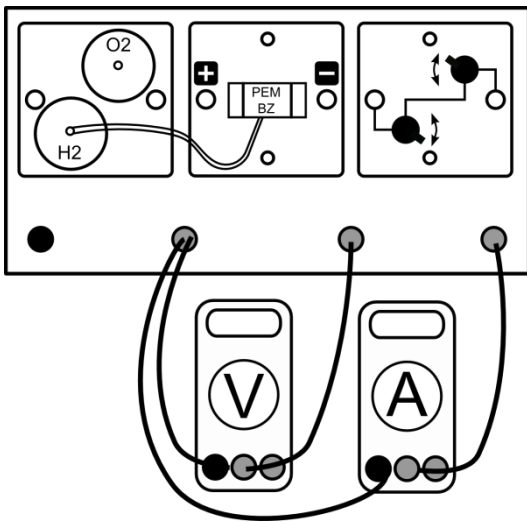
Wasserstoff und (Luft-)Sauerstoff werden zu flüssigem Wasser kombiniert, was im Vergleich zu den Gasen ein sehr kleines Volumen hat. So entsteht der Eindruck, das Gas würde verschwinden.

3.2 Kennlinie der PEM-Brennstoffzelle

Aufgabe

Nimm die U-I-Kennlinie der PEM-Brennstoffzelle auf.

Aufbau



Benötigte Geräte

- Grundeinheit
- PEM-Brennstoffzellenmodul
- Potentiometermodul
- Spannungsmessgerät
- Strommessgerät
- Kabel
- Schläuche
- Destilliertes Wasser
- Gasspeicher (gefüllt),
alternativ H₂Storage

Durchführung

1. Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanordnung auf. Der Gasspeicher muss vor dem Versuch gefüllt werden. Hinweise hierzu findest du im Experiment „Eigenschaften eines Elektrolyseurs“ oder auf Seite 8. Alternativ kann statt den Gasspeichern ein H₂-Storage verwendet werden.
2. Stelle das Potentiometer zunächst auf den maximalen Widerstand, indem du beide Regler auf das Maximum drehst.
3. Spüle die Brennstoffzelle vor dem Gebrauch kurz mit Wasserstoff. Hinweise dazu findest du auf Seite 10.
4. Gib Dir anschließend sinnvolle Werte für die Spannung vor und miss für diese jeweils die Stromstärke! Verändere dazu zuerst den 1kΩ-Widerstand und zur Feineinstellung den 100Ω-Widerstand!
5. Trage alle Messwerte in die Messwerttabelle ein.

Messwerte

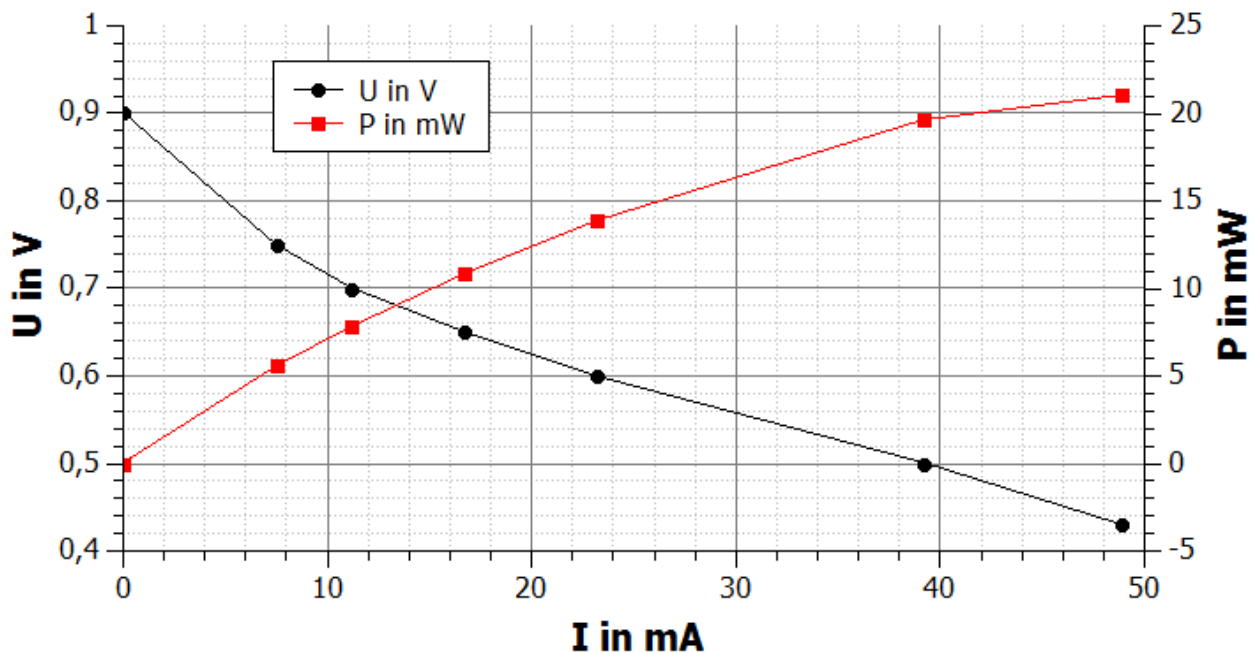
U in V	I in mA	P in mW
0,9	0	0
0,75	7,5	5,625
0,7	11,2	7,84
0,65	16,7	10,855
0,6	23,2	13,92
0,5	39,2	19,6
0,43	48,9	21,027

3.2 Kennlinie der PEM Brennstoffzelle

Auswertung

1. Berechne für die jeweiligen Strom- und Spannungswerte die Leistung und trage deine Ergebnisse in die Tabelle ein.
2. Trage die Wertepaare in die zugehörigen Diagramme ein.
3. Beschreibe den Verlauf der U-I-Kennlinie und des P-I-Diagramms.
4. Welcher Bereich der Kennlinie sollte für den Betrieb eines Verbrauchers genutzt werden? Begründe deine Antwort.
5. Wie kann das Absinken der Spannung mit höherer Stromstärke begründet werden?

Diagramme



Auswertung

3.

Der erste Teil der U-I-Kennlinie fällt steil ab. Anschließend verläuft die Kennlinie flacher. Die maximal erreichbare Spannung der hier verwendeten PEM-Brennstoffzelle liegt bei 0,9V. Die Leistung der BZ steigt mit größeren Stromstärken an, auch hier verläuft der Anstieg flacher mit steigender Stromstärke.



3.2 Kennlinie der PEM Brennstoffzelle

Auswertung

4.

Der erste Teil der Kennlinie fällt steil ab. Die Spannung sinkt also bei geringen Stromstärken stark ab. Das ist ein charakteristisches Merkmal einer PEM-Brennstoffzelle.

Mit steigender Stromstärke verläuft der Spannungsabfall flacher. Deshalb sollte die Betriebsspannung der Brennstoffzelle in diesem Bereich liegen.

5.

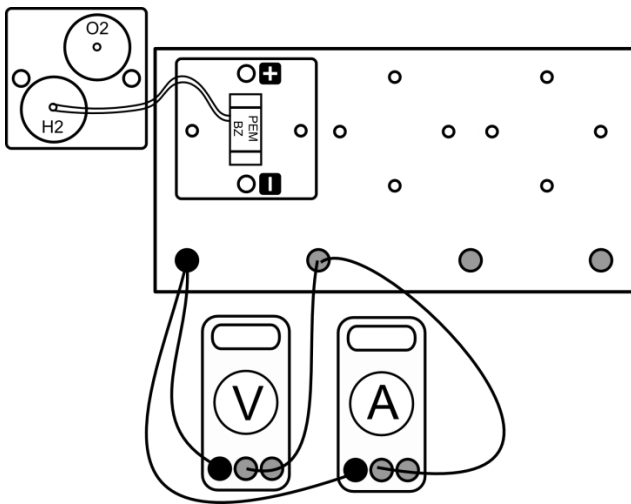
Im Leerlauf fließt kein Strom, wenn allerdings ein Widerstand dazu geschaltet wird, beginnt der Elektronenfluss. Dabei werden an der Anode der Brennstoffzelle Wassermoleküle in Protonen und Elektronen gespalten. Es wandern nun weniger Elektronen durch den Stromkreis als Protonen durch die Membran. Dadurch gelangen an die Kathode mehr Protonen als Elektronen pro Zeiteinheit. Dadurch bedingt folgt eine Änderung der Elektronenpotentiale. Die Potentialdifferenz sinkt und damit die Gesamtspannung der Zelle.

3.3 FARADAY- und Energiewirkungsgrad der PEM-Brennstoffzelle

Aufgabe

Bestimme FARADAY- und Energiewirkungsgrad einer PEM-Brennstoffzelle.

Aufbau



Benötigte Geräte

- Grundeinheit
- PEM-Brennstoffzellenmodul
- Gasspeichermodul (gefüllt)
- Potentiometermodul
- Spannungsmessgerät
- Strommessgerät
- Kabel
- Schläuche
- Destilliertes Wasser

Durchführung

1. Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanordnung auf. Der Gasspeicher muss vor dem Versuch gefüllt werden. Hinweise hierzu findest du im Experiment „Eigenschaften eines Elektrolyseurs“ oder auf Seite 8.
2. Spüle die Brennstoffzelle kurz mit Wasserstoff. Hinweise dazu findest du auf Seite 10.
3. Miss das Wasserstoffvolumen im Gasspeicher zu Beginn des Versuchs und nach 5min. Notiere dir den Wert des in dieser Zeit verbrauchten Wasserstoffs.
4. Miss Stromstärke und Spannung an der Brennstoffzelle nach 5min.

Messswerte

$t = 5 \text{ min}$

$U = 0,41 \text{ V}$

$I = 74,3 \text{ mA}$

$V = 3 \text{ ml}$

Auswertung

1. Berechne den FARADAY-Wirkungsgrad der PEM-Brennstoffzelle.
2. Wodurch wird der FARADAY-Wirkungsgrad der Brennstoffzelle beeinflusst?
3. Berechne den Energiewirkungsgrad der PEM-Brennstoffzelle.

3.3 FARADAY- und Energiewirkungsgrad der PEM-Brennstoffzelle

Aufgabe

1. Der FARADAY-Wirkungsgrad wird mit Hilfe folgender Formel berechnet:

$$\eta = V_{\text{H2theoretisch}} / V_{\text{H2}}$$

$$V_{\text{H2theoretisch}} = I \cdot t \cdot V_m / Q_m$$

$V_m = 24 \text{ l mol}^{-1}$ (molares Volumen H_2 bei $20 \text{ }^\circ\text{C}$, Normaldruck)

$Q_m = 192\,968 \text{ C mol}^{-1}$ (stoffbezogene Ladung)

Lsg.: $\eta = V_{\text{H2theoretisch}} / V_{\text{H2}}$

$$\begin{aligned} V_{\text{H2theoretisch}} &= I \cdot t \cdot V_m / Q_m \\ &= 74,3 \text{ mA} \cdot 300 \text{ s} \cdot 24 \text{ l mol}^{-1} / 192\,968 \text{ C mol}^{-1} \\ &= 2,8 \text{ ml} \end{aligned}$$

$$V_{\text{H2}} = 3 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned} \eta &= 2,8 \text{ ml} / 3 \text{ ml} \\ &\approx 0,93 \end{aligned}$$

2.

- Elektrochemische Parallelreaktionen, die weniger Elektronen pro verbrauchtem Wasserstoff liefern

- Chemische Reaktion von Wasserstoff und Sauerstoff an den Katalysatoren (katalytische Verbrennung)

- Wasserstoff- und Sauerstoff- Rekombination oder Diffusion durch Lecks

3. Der Energiewirkungsgrad wird mit Hilfe folgender Formel berechnet:

$$\eta = U \cdot I \cdot t / H_{\text{OH}_2} \cdot V_{\text{H}_2}$$

$H_{\text{OH}_2} = 11920 \text{ kJ m}^{-3}$.

Lsg.: $\eta = \text{Energiegehalt Wasserstoff} / \text{elektrische Energie}$

$$\begin{aligned} \eta &= U \cdot I \cdot t / H_{\text{OH}_2} \cdot V_{\text{H}_2} \\ &= 0,41 \text{ V} \cdot 74,3 \text{ mA} \cdot 300 \text{ s} / 11920 \text{ kJ m}^{-3} \cdot 3 \text{ ml} \\ &= 0,26 \end{aligned}$$

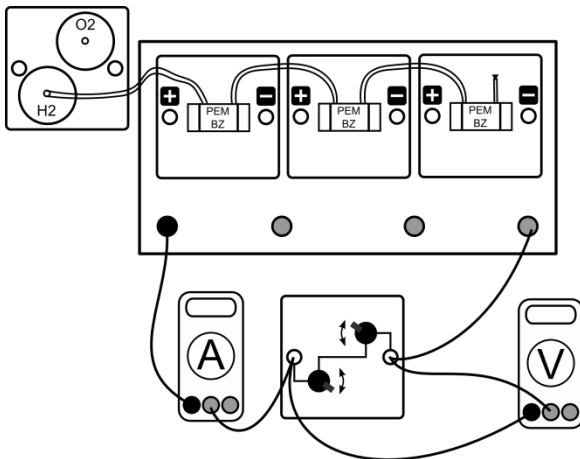
3.4 Reihen- und Parallelschaltung von PEM-Brennstoffzellen

Aufgabe

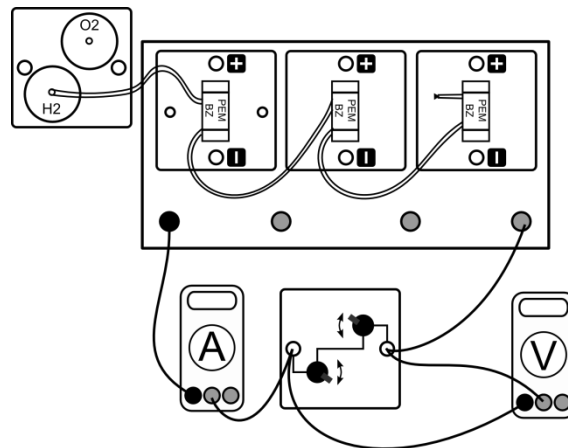
Vergleiche die Kennlinien einer Reihen- und Parallelschaltung von Brennstoffzellen.

Aufbau

a) Reihenschaltung



b) Parallelschaltung



Benötigte Geräte

- Grundeinheit
- 3x PEM-Brennstoffzellenmodul
- Gasspeichermodul (gefüllt), alternativ H₂-Storage
- Potentiometermodul
- Spannungsmessgerät
- Strommessgerät
- Kabel
- Schläuche
- Destilliertes Wasser
-

Durchführung

1. Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanordnung auf. Beginne mit der Reihenschaltung der drei Brennstoffzellen. Der Gasspeicher muss vor dem Versuch gefüllt werden. Hinweise hierzu findest du im Experiment „Eigenschaften eines Elektrolyseurs“ oder auf Seite 8.
2. Stelle das Potentiometer zunächst auf den minimalen Widerstand, indem du beide Regler auf das Maximum drehst.
3. Spüle die Brennstoffzellen kurz mit Wasserstoff. Hinweise dazu findest du auf Seite 10.
4. Gib Dir anschließend sinnvolle Werte für die Spannung vor und miss für diese jeweils die Stromstärke! Verändere dazu zuerst den 1kΩ-Widerstand und zur Feineinstellung den 100Ω-Widerstand!
5. Trage alle Messwerte in die Messwerttabelle ein.
6. Wiederhole den Versuch für eine Parallelschaltung von drei Brennstoffzellen (Aufbau siehe Skizze).



3.4 Reihen- und Parallelschaltung von PEM-Brennstoffzellen

Messwerte

a) Reihenschaltung

U in V	I in mA	P in mW
0,46	166	76,4
0,75	140	105,0
0,92	123	113,2
1,12	105	117,6
1,24	95	117,8
1,36	84	114,2
1,42	78	110,8
1,54	69	106,3
1,67	58	96,9
1,76	51	89,8
1,92	39	74,9
2,02	31,3	63,2
2,16	22	47,5
2,28	15	34,2
2,33	12	28,0
2,46	6,6	16,2
2,53	4,4	11,1
2,57	3,2	8,2
2,61	2,1	5,5

b) Parallelschaltung

U in V	I in mA	P in mW
0,25	92	23,0
0,27	86	23,2
0,39	67	26,1
0,43	62	26,7
0,51	51	26,0
0,56	43	24,1
0,61	37	22,6
0,67	29	19,4
0,69	26	17,9
0,73	21	15,3
0,75	18	13,5
0,78	14	10,9
0,8	12	9,6
0,83	8,4	7,0
0,88	3,4	3,0
0,90	1,9	1,7
0,91	0,9	0,8

Auswertung

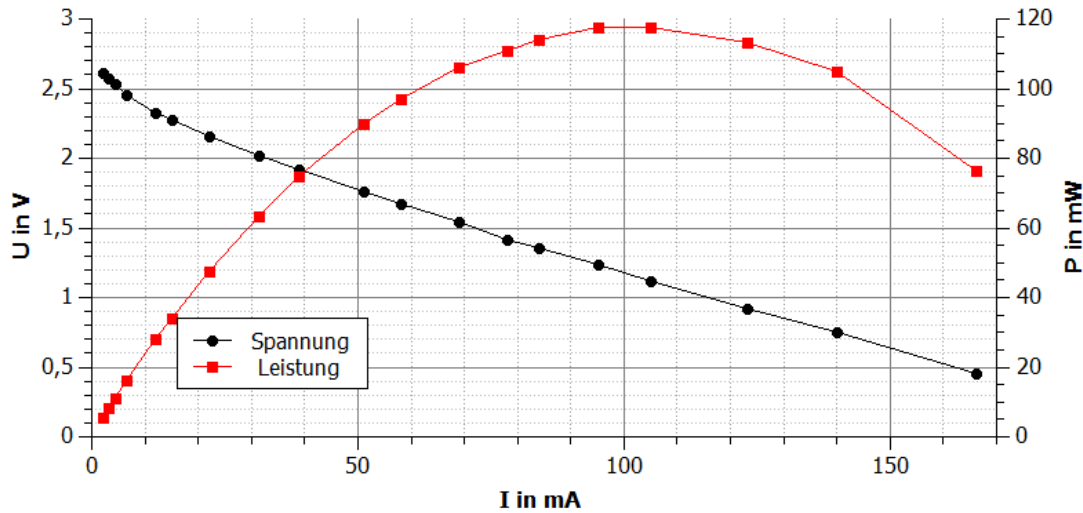
1. Berechne für die jeweiligen Strom- und Spannungswerte die Leistung und trage deine Ergebnisse in die Tabelle ein.
2. Trage die Wertepaare in die zugehörigen Diagramme ein.
3. Beschreibe den Verlauf der U-I-Kennlinie und des P-I-Diagramms. Gehe dabei auf die Unterschiede zwischen Reihen- und Parallelschaltung ein.



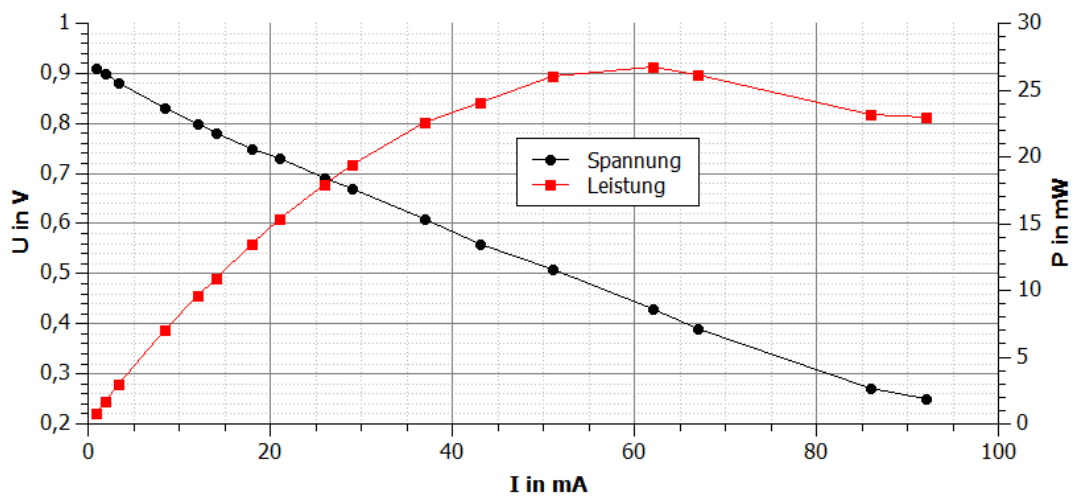
3.4 Reihen- und Parallelschaltung von PEM-Brennstoffzellen

Diagramme

a) Reihenschaltung



b) Parallelschaltung



Auswertung

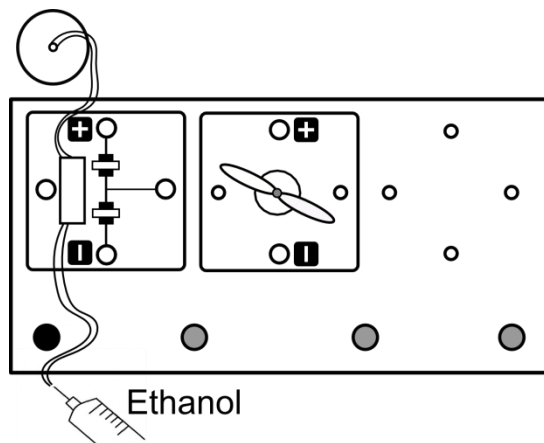
3.
 Der erste Teil der U-I-Kennlinie fällt vor allem bei der Reihenschaltung steil ab. Anschließend verläuft die Kennlinie flacher. Die maximal erreichbare Spannung der hier verwendeten PEM-Brennstoffzelle liegt bei 0,9V in Parallelschaltung und 2,6V in Reihenschaltung. Die Leistung der BZ steigt mit größeren Stromstärken an und erreicht dann ein Leistungsmaximum. Dieses liegt bei der Parallelschaltung bei etwa 60mA und bei der Reihenschaltung bei etwa 100mA, also verschoben. Generell sind die erreichbaren Spannungen und Leistungen bei der Reihenschaltung der BZ deutlich größer.

4.1 Funktionsweise einer Ethanol-Brennstoffzelle

Aufgabe

Untersuche die Funktionsweise einer Ethanol-Brennstoffzelle.

Aufbau



Benötigte Geräte

- Grundeinheit
- Ethanol-Brennstoffzelle
- Motormodul
- Schläuche
- Becherglas
- Spritze
- Ethanol

Durchführung

1. Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanordnung auf.
2. Leite durch die zwei Schläuche und die Spritze Ethanol in die Brennstoffzelle. Notiere deine Beobachtungen.
3. Wenn der Motor angelaufen ist, halte die Spritze fest in der Hand, so dass sich die Flüssigkeit erwärmen kann und zieh den Ethanol erneut durch die Brennstoffzelle. Notiere weitere Beobachtungen.

Auswertung

1. Welcher Geruch ist an der Brennstoffzelle wahrzunehmen?
2. Welche Reaktionen laufen ab? Erkläre das Prinzip dieses Reaktionstyps.

Beobachtungen

Der Motor beginnt langsam sich zu drehen. Wenn der Ethanol in der Hand erwärmt wird, stellt man nach einiger Zeit fest, dass die Geschwindigkeit ansteigt.

Es scheint also eine Temperaturabhängigkeit der Leistung der Brennstoffzelle zu bestehen.



4.1 Funktionsweise einer Ethanol-Brennstoffzelle

Auswertung

1.

Wenn man an der Zelle riecht, ist es eventuell möglich, einen Essiggeruch wahrzunehmen.

2.

Das Reaktionsprinzip der Zelle beruht auf der Oxidation von Alkoholen. Dabei wird Ethanol schrittweise über Ethanal und Essigsäure zu CO_2 und H_2O abgebaut.

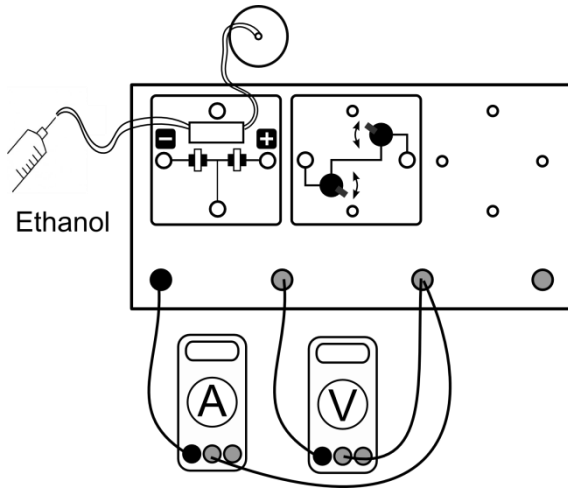
Es handelt sich hierbei um eine Redoxreaktion. Die Anodenreaktion ist die Oxidation des Ethanols. Die Kathodenreaktion ist die Reduktion, wobei ein O_2 -Molekül Elektronen aufnimmt und zu Oxid-Anionen reagiert. Zur Oxidation von Ethanol ist ein Kondensator notwendig (Hier: Plattenkondensator), welcher die Bildung von Wasser als Reaktionstriebkraft fördert.

4.2 Kennlinie einer Ethanol-Brennstoffzelle

Aufgabe

Nimm die I-U-Kennlinie für eine 15%ige Ethanol-Lösung auf.

Aufbau



Benötigte Geräte

- Grundeinheit
- Ethanol-Brennstoffzelle
- Potentiometermodul
- Schläuche
- Becherglas
- Spritze
- Ethanol
- Strommessgerät
- Spannungsmessgerät

Durchführung

1. Baue den Versuch nach obiger Versuchsanordnung auf.
2. Verdünne den Ethanol auf eine 15%ige Lösung.
3. Leite durch die zwei Schläuche und die Spritze Ethanol in die Brennstoffzelle
4. Regle über das Potentiometer die Spannung so, dass mit einer Schrittweite von ca. 50mV gemessen werden kann und nimm jeweils die zugehörige Stromstärke auf.

Messwerte

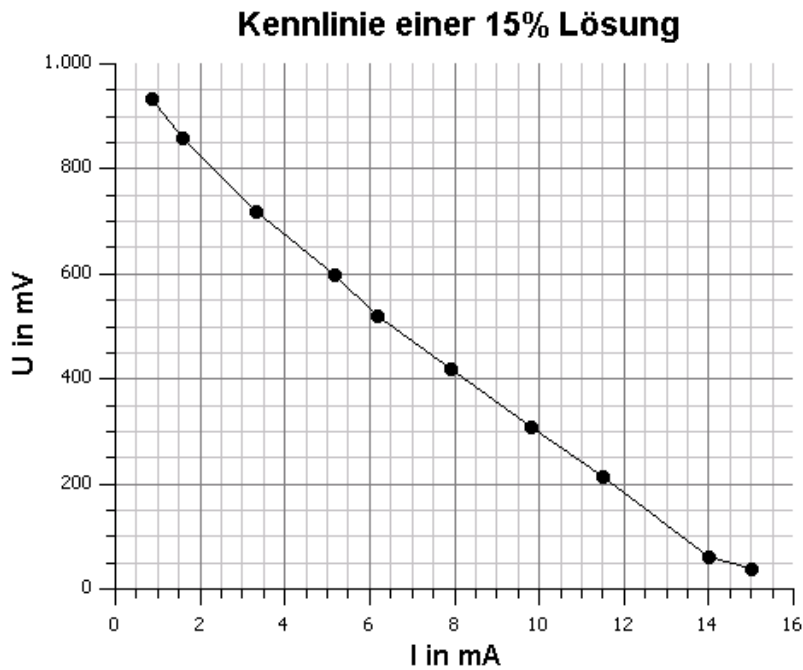
U in mV	I in mA
935	0,83
860	1,56
720	3,3
600	5,15
520	6,17
420	7,91
310	9,8
215	11,5
62	14
38	15

4.2 Kennlinie einer Ethanol-Brennstoffzelle

Auswertung

1. Zeichne deine Messwerte in das zugehörige Diagramm.
2. Wodurch kommt es zu Schwankungen bei den Messwerten?

Diagramm



Auswertung

2.

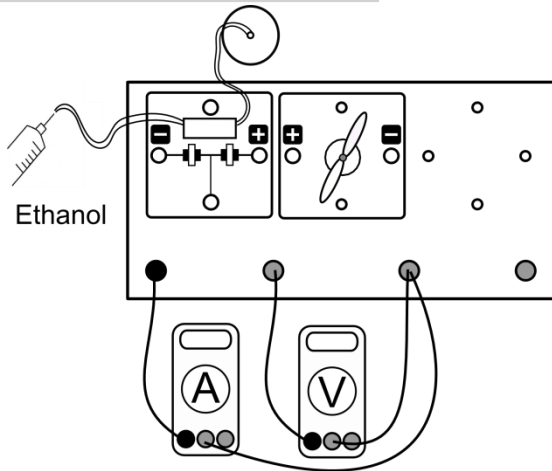
Die Messgeräte kommen nicht ganz zum Stillstand, da die chemische Reaktion nicht zum Stillstand kommt, sondern in einem fortlaufenden Prozess über die gesamte Zeit stattfindet. Dadurch ist immer eine gewisse Schwankung der Messwerte gegeben, die aber die Aufnahme qualitativ guter Messungen nicht behindern sollte.

4.3 Temperaturabhängigkeit der Leistung einer Ethanol-Brennstoffzelle

Aufgabe

Untersuche den Sachverhalt, dass der Motor bei höheren Temperaturen schneller läuft.

Aufbau



Benötigte Geräte

- Grundeinheit
- Ethanolbrennstoffzelle
- Motormodul
- 2 Schläuche
- Ethanol-Lösung (15%)
- Strommessgerät
- Spannungsmessgerät
- Becherglas

Durchführung

1. Baue den Versuch nach obiger Versuchsanordnung auf.
2. Leite durch die zwei Schläuche und die Spritze Ethanol in die Brennstoffzelle.
3. Miss zunächst Spannung und Stromstärke bei Raumtemperatur. Notiere die Messwerte und die Motorbewegung in der Tabelle.
4. Um höhere, bzw. niedrigere Temperaturen zu erhalten, fülle die 15%ige Ethanol-Lösung in ein Reagenzglas und kühle bzw. erwärme dieses, indem du in ein Becherglas eine Mischung aus Eis und Wasser bzw. heißes Leitungswasser füllst.
5. Miss für jede Temperatur Spannung und Stromstärke. Notiere alle Werte in der Tabelle.

Messwerte

T in °C	Motorbewegung	U in mV	I in mA	P in mW
0	Motor beginnt sich zu drehen, hält dann aber an	53	0	0
5	Motor dreht sich sehr langsam	204	9,30	1,90
15	Motor dreht sich schneller	339	9,39	3,18
25	Motor dreht sich schneller	406	9,45	4,60
30	siehe 25°C	479	9,50	5,07
35	Motor dreht sich sehr schnell	562	9,70	5,45
40	Motor dreht sich so schnell, dass keine einzelnen Rotorblätter mehr erkennbar sind	620	9,80	6,08
45	siehe 40°C	644	10,01	6,45
50	siehe 40°C	646	10,08	6,51

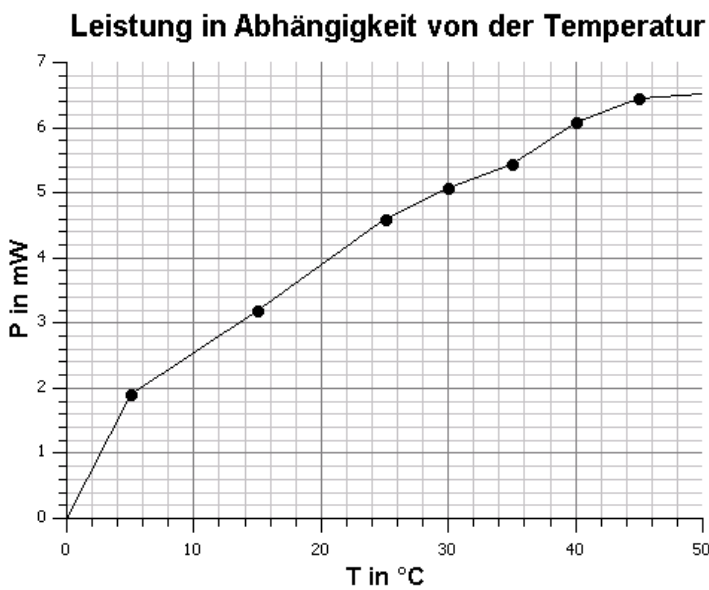


4.3 Temperaturabhängigkeit der Leistung einer Ethanol-Brennstoffzelle

Auswertung

1. Berechne die jeweilige Leistung der Brennstoffzelle und trage deine Werte in die Tabelle ein.
2. Stelle die Leistung in Abhängigkeit von der Temperatur grafisch dar.
3. Was kann aus dem Diagramm abgelesen werden? Gibt es eine Temperatur bei der die Leistung ein Maximum erreicht? Ab welcher Temperatur beginnt der Motor zu arbeiten?

Diagramm



Auswertung

3.

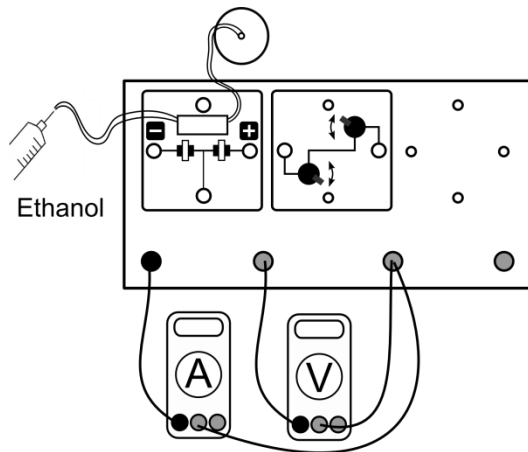
Ab einer Temperatur von etwa 3°C beginnt sich der Motor zu drehen. Wird die Temperatur erhöht, dann steigt die Drehgeschwindigkeit des Motors. Ab 45°C steigt die Leistung nicht weiter an. Insgesamt zeigt die Kurve die Temperaturabhängigkeit der Leistung der Brennstoffzelle von der Temperatur.

4.4 Konzentrationsabhängigkeit der Leistung einer Ethanol-Brennstoffzelle

Aufgabe

Überprüfe, ob zwischen der Konzentration der Ethanol-Lösung und der Leistung der Brennstoffzelle ein Zusammenhang besteht.

Aufbau



Benötigte Geräte

- Grundeinheit
- Ethanol-Brennstoffzelle
- Potentiometermodul
- 2 Schläuche
- Becherglas
- Spritze
- Ethanol-Lösung (10% und 20%)
- Strommessgerät
- Spannungsmessgerät
- Kabel

Durchführung

1. Bau den Versuch nach obiger Versuchsanordnung auf.
2. Leite durch die zwei Schläuche und die Spritze Ethanol in die Brennstoffzelle. Verwende zunächst die 10%ige Lösung.
3. Nutze die Drehregler des Potentiometers, um die Spannung und Stromstärke zu variieren.
4. Nimm die Werte für Stromstärke und Spannung auf.
5. Spüle die Brennstoffzelle mit destilliertem Wasser und wiederhole den Versuch mit 20%iger Lösung.

Messwerte

10%			20%		
U in mV	I in mA	P in mW	U in mV	I in mA	P in mW
964	0,64	0,617	900	1,83	1,647
880	0,86	0,757	850	1,97	1,674
750	1,87	1,403	750	2,89	2,168
610	3,13	1,909	680	3,70	2,516
540	4,12	2,225	510	6,70	3,417
450	4,51	2,030	440	8,70	3,828
330	5,98	1,973	340	9,30	3,162
200	7,89	1,578	200	11,40	2,280
104	9,67	1,006	100	13,06	1,306
36	11,38	0,410	65	13,53	0,879
			37	14,09	0,521

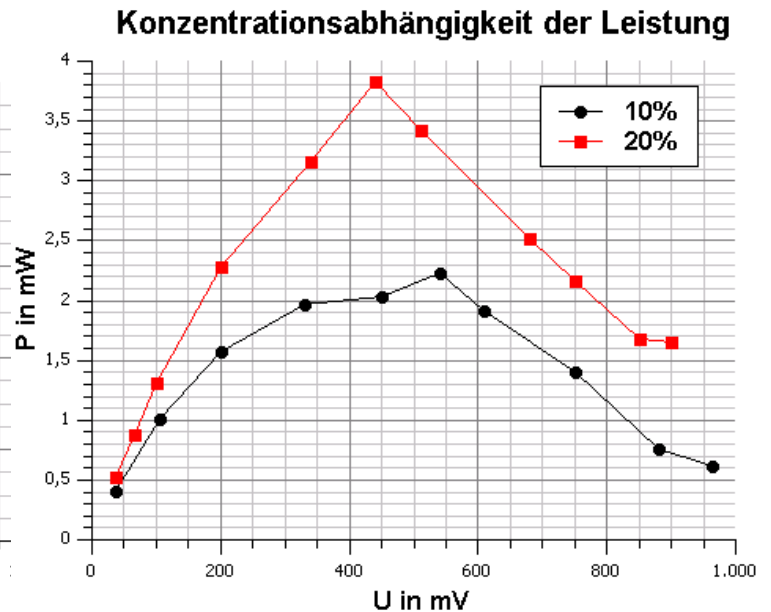
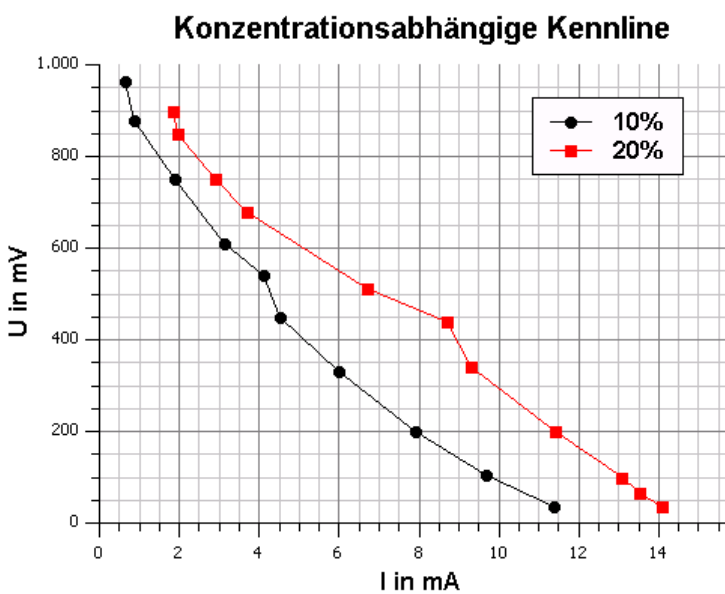


4.4 Konzentrationsabhängigkeit der Leistung einer Ethanol-Brennstoffzelle

Auswertung

1. Berechne für alle Messpunkte die Leistung der Brennstoffzelle und trage deine Werte in die Tabelle ein.
2. Trage deine Messwerte in die abgebildeten Diagramme ein.
3. Was können die Kurven interpretiert werden?

Diagramme



Auswertung

3.

Es ist erkennbar, dass bei höherer Konzentration auch die Leistung ansteigt. Das liegt daran, dass bei einer höheren Konzentration mehr Ethanolmoleküle vorhanden sind und somit ein erhöhter Elektronenfluss zustande kommt. Die Lage des Leistungsmaximums scheint allerdings immer bei der gleichen Spannung zu liegen (ca. 450V). Dieses Wissen ist wichtig für die technische Anwendung der Brennstoffzelle. Bei gleicher Spannung hat die 20%-ige Lösung eine höhere Stromstärke als die 10%-ige Lösung. Das ist damit zu erklären, dass die Stromstärke als Anzahl der Ladungsträger auf einem bestimmten Querschnitt pro Zeiteinheit definiert ist. Bei einer höheren Ethanolkonzentration sind auch mehr Elektronen vorhanden, somit steigt die Stromstärke an.

leXsolar GmbH
Strehleener Straße 12-14
01069 Dresden / Germany

Telefon: +49 (0) 351 - 47 96 56 0
Fax: +49 (0) 351 - 47 96 56 - 111
E-Mail: info@lexsolar.de
Web: www.lexsolar.de